Abdruck a. d. „Landw. Versuchs-Stationen“, ed. Prof. Dr. F. Nobbe. Bd. XIII. 1870.

Ueber den

Einfluss des Mergels

auf die

Bildung von Kohlensäure

und

Salpetersäure

im Ackerboden.

Inaugural-Dissertation der philosophischen Facultät der Universität Rostock vorgelegt

von

Paul Petersen aus Lübeck.

(Hierzu 1 Abbildung.)

Druck von Wilhelm Adam in Chemnitz.

Es gereicht mir zur angenehmen Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Franz Schulze, meinen herzlichsten Dank für die freundliche Unterstützung, welche er mir bei vorliegender Arbeit zu Theil werden liess, auszudrücken.

Wir finden in den Lehrbüchern der Landwirthschaft und in agriculturchemischen Schriften die verschiedenartigsten Ansichten über den Mergel und die Art seiner Wirksamkeit ausgesprochen. Der eine Autor erklärt den Mergel ganz allgemein als ein den Boden durch Ergänzung verschiedener pflanzenernährender Stoffe meliorirendes Erdgemisch; ein anderer legt das Hauptgewicht auf gewisse, allen Mergelarten gemeinschaftliche Bestandtheile, und sieht die übrigen nur als solche an, welchen, wenn sie auch noch so erwünscht seien, doch nur eine Nebenbedeutung beizulegen sei; ein dritter sucht die Bedeutung des Mergels in seinen zersetzenden und somit aufschliessenden Einwirkungen auf die durch eingetretene saure Beschaffenheit relativ unthätig gewordenen organischen und unorganischen Bodenbestandtheile; noch andere halten die rein mechanisch meliorirenden Wirkungen für die bedeutungsvollsten, empfehlen daher thonige Mergel auf schweren, sandige auf leichten Böden. Jede neue Entwicklungsphase der Agriculturchemie macht sich auch in der Erklärung der Mergelwirkung geltend; es ist daher begreiflich, dass man in neuerer Zeit, seitdem die Absorptionsverhältnisse im Boden als eine höchst bedeu-

tungsvolle Seite bei allen agronomischen Fragen erkannt sind, dem Mergel in diesem Sinne erneute Aufmerksamkeit zugewendet hat. Welcher Ansicht man sich auch zuneigen möge, wird man auf Grund der im Grossen gemachten praktischen Erfahrungen an den verschiedenen Boden- und Mergelarten immer wieder darauf geführt, dass der gewichtigste Bestandtheil des Mergels der kohlensaure Kalk ist.

Mit annähernder Sicherheit dürfen wir erwarten, es werde die Mergelung auf einem Boden, welcher ganz frei von kohlensaurem Kalke geworden ist, die Fruchtbarkeit steigern und die Wirksamkeit anderer Düngungsmittel erhöhen, gleichgültig von welcher Beschaffenheit der angewandte Mergel übrigens ist, wenn er nur durch einen gewissen, mindestens fünf bis zehn Procent betragenden Gehalt an kohlensaurem Kalk seinen Namen verdient, und die Bedingungen solche sind, dass er sich mit dem Boden innigst mischt. Wo es am eigentlichen Mergel fehlt, werden in solchem Falle Staubkalk, Torfasche und dergleichen ähnliche Dienste leisten. Halten wir diese Auffassung fest, so ist die weitere Frage, ob die Entsäuerung des Bodens als solche die verbessernde Vegetationsbedingung sei, welche wir dem Mergel zuschreiben? ob durch die Mergelung dem Bedarf der Pflanze an Calcium Abhülfe geleistet werde? Oder ob wir in erster Linie die zersetzende Einwirkung des kohlensauren Kalkes auf die einer Aufschliessung durch solche Vermittlung bedürftigen Bestandtheile in's Auge zu fassen und die hieraus hervorgehende grosse Mannichfaltigkeit von chemischen und mechanischen Actionen näher zu studiren haben? Die Wasserculturversuche haben uns belehrt, dass den Hauptrepräsentanten unserer Kulturgewächse eine schwach saure Beschaffenheit des Mediums, worin die Wurzeln sich befinden, nicht nur unschädlich sei, sondern sogar das Gelingen des Versuchs begünstige, gegenüber dem Eintritt einer die zarten Wurzelorgane stets gefährdenden alkalischen Reaktion. Wir werden also, wenn wir durch die Röthung des Lackmuspapiers, welches zwischen einen feuchten Erdballen gepresst war, die Mergelbedürftigkeit dieser Erde erkannt und die vorgenommene Mergelung bewährt gefunden hatten, den Erfolg in anderen Ursachen, als in der blossen Entsäuerung des Bodens als solcher zu suchen haben.

Die Untersuchungen, worüber vorliegende Abhandlung berichtet, waren unternommen, um einen Theil der Einzelfragen, welche sich auf die durch den kohlensauren Kalk hervorgerufenen Aenderungen der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Bodenbestandtheile beziehen, zu beantworten. Ich hatte mir die besondere Frage gestellt: wie und in welchem Verhältniss befördert der einem sauren Erdgemisch zugesetzte kohlensaure Kalk die Verwesung der humosen Bestandtheile, insofern sich dieselbe in Freiwerden von Kohlensäure und in Bildung von Salpetersäure ausspricht? An erstere Versuche über die Kohlensäurebildung schliessen sich einige Beobachtungen über den Unterschied in dem Grade der Verweslichkeit des Humus bei wechselnden Temperaturen.

Die Bestimmung der Kohlensäure geschah nach der Methode meines hochverehrten Lehrers, Professor Dr. Franz Schulze, die in den „Landw. Vers.-Stationen" XII (1869) publicirt ist, durch Ueberführen der im Boden gebildeten Kohlensäure mittelst aspiratorischer Handhabung in eine titrirte Barytlösung und Zurücktitriren des von Kohlensäure nicht afficirten Theiles derselben durch Oxalsäure. Durch dieses höchst empfindliche Verfahren, welches uns ein Feld chemischer Thätigkeit eröffnet, auf welchem eben aus Mangel an solchen Methoden bis jetzt wenig Erfahrungen gesammelt sind, war es möglich gemacht, mit sehr geringen Mengen Boden (20—30 Grm.) zu operiren, und demnach die aus der Verwesung der organischen Substanzen innerhalb kleiner Zeiträume resultirende Kohlensäure aufs Genaueste zu bestimmen.

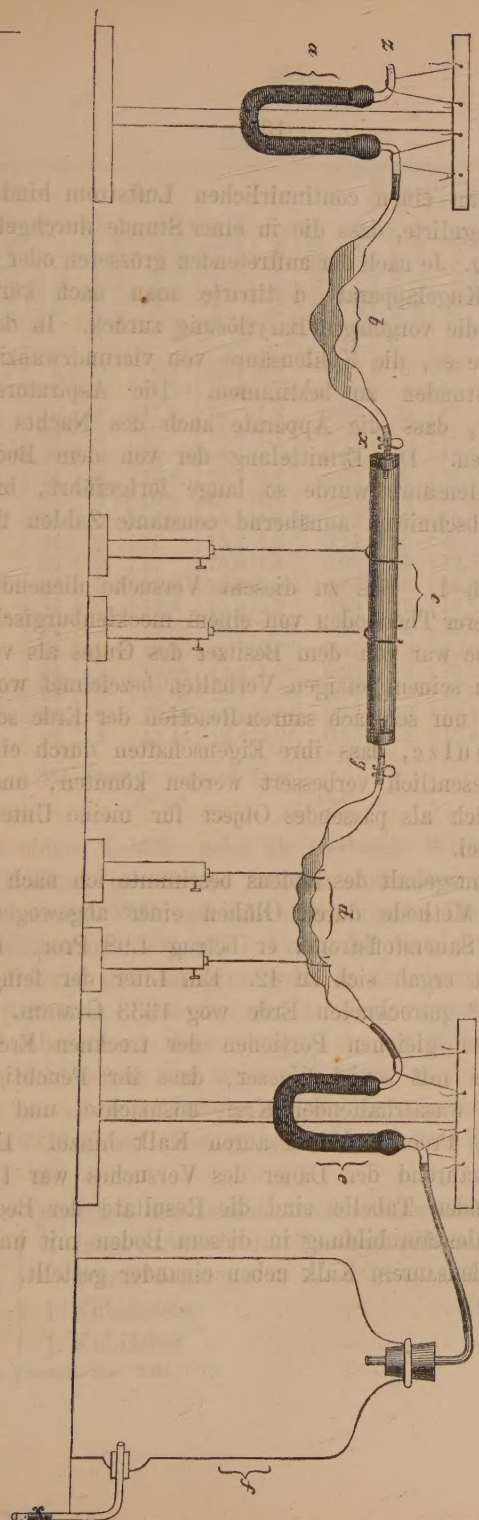
Die als Untersuchungsobjecte dienenden Boden habe ich nur nach ihrem Humusgehalt und ihrer wasserfassenden Kraft charakterisirt, der erstere ist bei der humusreichen Lauberde einfach aus dem Glühverlust der vorher scharf getrockneten Erdprobe, bei der humosen Ackererde auf elementaranalytischem Wege und nach der Annahme, dass für 56 Gewichtstheile gefundenen Kohlenstoffs 100 Theile Humussubstanz zu rechnen seien, bestimmt.

Da sämmtliche Versuche comparativer Art waren, so hatte man vor Allem sein Augenmerk darauf zu richten, dass die Untersuchungsobjecte jedesmal möglichst gleichartigen Bedingungen unterworfen wurden. Ich verfuhr deshalb bei der Vorbereitung

sämmtlicher Ackererden für die Experimente in folgender Weise. Eine grössere Menge der lufttrocknen Boden wurde innig durcheinander gemengt und aufs Feinste zerrieben, dann eine Portion derselben, 20 bis 30 Gramm, abgewogen und je nach der Tendenz des Versuches mit einer bestimmten Quantität kohlensauren Kalkes versetzt oder nicht. Um der Erde nun eine für die Zersetzung der organischen Substanz möglichst günstige Beschaffenheit zu verleihen, wurde sie im Porzellanmörser mit destillirtem Wasser angefeuchtet — der jedesmalige Grad der Feuchtigkeit ist bei den einzelnen Versuchen angegeben — und mit soviel feinem, kalkfreien und geglühten Seesande gemengt, dass sie eine vollkommen lockere Masse bildete.

Die so zubereitete Erde wurde in ein an beiden Enden offenes Verbrennungsrohr, wie man es zur organischen Elementaranalyse gebraucht, gethan. Die Mündung desselben verschloss man durch luftdicht passende Korke, in welche kurze Glasröhrchen eingefügt waren. Durch vorheriges Ausmessen der zu benutzenden Röhren sorgte man dafür, dass dieselben vollständig mit der lockeren Erdmasse gefüllt waren. So verhinderte man, dass sich oberhalb der Erde zwischen ihr und der Wandung des Glases eine Gasse bildete, durch welche die Luft hätte streichen können, ohne sich zum Zweck der Deplacirung der gebildeten Kohlensäure durch die Poren des Bodens selbst hindurchzuwinden.

Das mit dem Boden gefüllte Rohr wurde nun in den Apparat eingeschaltet, dessen Construction aus nebenstehender Figur erhellt. Das Natronkalkrohr a und der mit Barytwasser gefüllte Kugelapparat b sind Vorrichtungen, um die bei z eintretende Luft vor ihrer Berührung mit dem das Erdgemisch enthaltenden Rohr c zu entkohlensäuern. Die Quetschhähne x und y haben den Zweck, das Rohr während des jedesmaligen Titrirens von der äusseren Luft und dem Kugelapparate b abzusperren; d enthält die titrirte Barytlösung zur Aufnahme der aus der Erde entwickelten Kohlensäure; das Natronkalkrohr e ist in der Absicht eingefügt, aus dem Aspirator etwa zurücktretende Luft zu entkohlensäuern f Aspirator. Die einzelnen Theile des Apparates sind durch Kautschukschläuche luftdicht mit einander verbunden. Nachdem man sich von der Arbeitsfähigkeit des ganzen Apparates überzeugt


a
a
b
x
c
d
e
f

hatte, liess man einen continuirlichen Luftstrom hindurchgehen, den man so regulirte, dass die in einer Stunde durchgeführte Luft ein Liter betrug. Je nach der auftretenden grösseren oder geringeren Trübung im Kugelapparate d titrirte man nach kürzerer oder längerer Zeit die vorgelegte Barytlösung zurück. In den meisten Fällen genügte es, die Kohlensäure von vierundzwanzig zu vierundzwanzig Stunden zu bestimmen. Die Aspiratoren fassten soviel Wasser, dass die Apparate auch des Nachts im Gange bleiben konnten. Die Ermittelung der von dem Boden ausgehauchten Kohlensäure wurde so lange fortgeführt, bis man in gleichen Zeitabschnitten annähernd constante Zahlen für dieselbe erhielt.

Versuch I. Das zu diesem Versuche dienende Material war ein schwerer Thonboden von einem mecklenburgischen Rittergute. Derselbe war von dem Besitzer des Gutes als vollkommen unfruchtbar in seinem jetzigen Verhalten bezeichnet worden. Aus der allerdings nur schwach sauren Reaction der Erde schloss Herr Professor Schulze, dass ihre Eigenschaften durch eine kräftige Mergelung wesentlich verbessert werden könnten, und dass sie deshalb zugleich als passendes Object für meine Untersuchungen zu benutzen sei.

Den Humusgehalt des Bodens bestimmte ich nach der vorhin angegebenen Methode durch Glühen einer abgewogenen Menge Substanz im Sauerstoffstrom; er betrug 1,98 Proc. Die wasserfassende Kraft ergab sich zu 42. Ein Liter der feingepulverten und bei 100° getrockneten Erde wog 1333 Gramm. Nach Abwägung zweier gleichen Portionen der trocknen Erde versetzte man dieselben mit soviel Wasser, dass ihr Feuchtigkeitsgehalt 36 Proc. der wasserhaltenden Kraft ausmachte, und fügte dann der einen $^1/_2$ Procent kohlensauren Kalk hinzu. Die mittlere Temperatur während der Dauer des Versuches war 13° Celsius. In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Beobachtungen über die Kohlensäurebildung in diesem Boden mit und ohne Zusatz von kohlensaurem Kalk neben einander gestellt.

Tabelle I.

Nummer des Versuches	A: Trockensubst. des Bodens in Grammen	A: Zeitdauer in Stunden	A: Vorgelegte CC. Barytlösung	A: Entsprech. CC. Oxalsäure	A: Verbrauchte CC. Oxalsäure	A: Differenz	A: Entsprech. CO_2 in Milligrammen	B ($\frac{1}{2}$ Proc. $CaCO_3$): Vorgelegte CC. Barytlösung	B: Entsprech. CC. Oxalsäure	B: Verbrauchte CC. Oxalsäure	B: Differenz	B: Entsprech. CO_2 in Milligrammen
1	21,7	4	5	4,3	42,1	0,9	0,63	5	43	37,1	5,9	4,12
2	-	4	5	4,3	42,3	0,7	0,49	5	43	40,3	2,7	1,89
3	-	16	2	17,2	16	1,2	0,84	5	43	38,2	4,8	3,35
4	-	24	2	17	15,3	1,7	1,19	5	42,5	37,5	5	3,49
5	-	24	2	17	16,4	0,6	0,42	5	42,5	37	5,5	3,84
6	-	24	2	16,8	15,9	0,9	0,63	2	16,8	11,2	5,6	3,91
7	-	24	2	16,8	15	1,8	1,26	2	16,8	13,3	3,5	2,44
8	-	24	2	16,8	15,2	1,6	1,12	2	16,8	11,8	5	3,49
9	-	24	2	17	15,7	1,3	0,91	5	42,5	40,8	1,7	1,19
10	-	24	2	17	15,6	1,4	0,98	5	42,5	40,2	2,3	1,61
11	-	24	2	16,8	15,6	1,2	0,84	2	16,8	14,7	2,1	1,47
12	-	24	2	16,8	15,9	0,9	0,63	2	16,8	14	2,8	1,96
13	-	24	2	13,68	12,3	1,38	0,96	2	13,68	11,5	2,18	1,52
14	-	24	2	13,68	13	0,68	0,47	2	13,68	10,9	2,78	1,94
15	-	24	2	13,68	12,3	1,38	0,96	2	13,68	11,2	2,48	1,73
16	-	24	2	13,68	12,3	1,38	0,96	2	13,68	11,3	2,38	1,66
17	-	24	2	13,44	12,2	1,24	0,87	2	13,44	11,3	2,14	1,49
18	-	24	2	13,44	12,4	1,04	0,73	2	13,44	11,3	2,14	1,49
Summe:		384 Stunden oder 16 Tage gaben					14,89					42,59

Aus obiger Tabelle geht die treibende Wirkung des kohlensauren Kalkes in einem sauren, humushaltigen Boden zur Evidenz hervor. Während der ungemergelte Theil in 16 Tagen 14,89 Milligramm CO_2 (0,07 Proc. des Gewichtes des trocknen Bodens) lieferte, gab der gemergelte in derselben Zeit 42,59 Milligramm (0,2 Proc.), also fast das dreifache, genau das 2,86fache.

So unbedeutend diese Mengen der in Milligrammen ausgedrückten Kohlensäure auf den ersten Blick erscheinen, so wachsen sie doch zu einer beträchtlichen Grösse an, wenn wir die erhaltenen Zahlen auf eine grössere Masse des Bodens berechnen.

A.

Eine Quantität des Bodens, welche entspricht:

in 16 Tagen

1 Liter (1333 Grm.) Trockensubstanz, würde erzeugen	0,9153	Grm.	CO_2
1 Kubikmeter	915	-	-
1 Kubikfuss	28	-	-

B ($^1/_2$ Procent $CaCO_3$)

in 16 Tagen	1 Liter (1333 Grm. Trockensubstanz)	2,6167 Grm.	CO_2
	1 Kubikmeter	2617 -	-
	1 Kubikfuss	81 -	-

Nehmen wir nun an, dass der Einfluss des kohlensauren Kalkes auf dem Grad der Verweslichkeit des Humus ein auf längere Zeit fortdauernder sei, — eine Annahme, welche nach den gefundenen, schliesslich constanten Zahlen der Tabelle I ihre Berechtigung hat — und dass die durch die Temperaturunterschiede während der verschiedenen Jahreszeiten hervorgerufenen Schwankungen in der Kohlensäureentwicklung, ferner die Schwankungen in dem Feuchtigkeitszustande des Bodens sich einigermassen ausgleichen, so würde eine Menge der vorliegenden Erde, die einem Kubikfuss Trockensubstanz entspricht, in einem Jahre bei einer mittleren Temperatur von 13° Celsius annähernd 639 Gramm CO_2 liefern, während eine gleiche Quantität desselben Bodens der nur $^1/_2$ Proc. kohlensaurer Kalk in Form irgend eines Mergels zugesetzt wäre, in derselben Zeit 1848 Gramm CO_2, nahe an 2 Kilogramm, also ein Plus von 1209 Gramm erzeugen würde. Wir sehen, dass der so behandelte Boden eine Kohlensäurequelle zu bieten im Stande ist, die für die Fruchtbarkeit desselben von ungeheurem Einfluss sein muss.

Werfen wir noch einen prüfenden Blick auf die Seite B der Tabelle, so bemerken wir, dass die Kohlensäureentwicklung in den ersten Tagen des Versuches bedeutend gesteigert erscheint, im Verhältniss zu den späteren. Da man kaum annehmen kann, dass der kohlensaure Kalk im Anfange eine so energische Zersetzung der organischen Substanzen hervorgerufen, dann aber plötzlich von seinem Einfluss verloren habe, so schreibe ich diese interessante Thatsache folgendem Umstande zu. Ich glaube nämlich, dass die freie Säure des Bodens bis zu ihrer völligen Abstumpfung zersetzend auf den kohlensauren Kalk einwirkte und einen grossen Theil der Kohlensäure letzteren Salzes frei machte. Es ist somit die Kohlensäure der ersten Tage auf Rechnung theils derjenigen zu bringen, welche sich durch Verwesung der organischen Bestandtheile des Bodens bildete, theils

derjenigen, welche aus der Zerlegung des kohlensauren Kalkes hervorging.

Auffallend könnte es erscheinen, dass (Seite B. Tabelle I) gerade in den ersten vierundzwanzig Stunden eine die Durchschnittszahl der übrigen Tage weit überholende Menge Kohlensäure erzeugt wurde. Denn während die letzten fünfzehn Tage durchschnittlich nur 2,22 Milligramm CO_2 ergaben, beträgt die Quantität derselben am ersten Tage 9,36 Milligramm. Ich bin der Ansicht, dass der Grund dieser Erscheinung darin zu suchen ist, dass von dem Boden aus der Atmosphäre aufgenommene, vielleicht auch von früherer Zersetzung des Humus herrührende, und in den Poren mechanisch zurückgehaltene Kohlensäure sofort durch den Strom kohlensäurefreier Luft deplacirt wurde, und sich so der aus der Zersetzung des kohlensauren Kalkes und der organischen Bestandtheile resultirenden Kohlensäure hinzuaddirte. Für diese Erklärung spricht die Thatsache, dass wir auch auf der Seite A der Tabelle I in den ersten vierundzwanzig Stunden die grösste Zahl, die Kohlensäure in Milligrammen ausdrückend, finden. Der erste Tag giebt 1,96 Milligramm, während die übrigen durchschnittlich nur 0,86 Milligramm CO_2 liefern. Der Ueberschuss des ersten Tages kann hier der von dem Boden absorbirten und durch den Luftstrom verdrängten Kohlensäure nur allein zugeschrieben werden; von einer momentanen Zersetzung kohlensaurer Salze kann hier nicht die Rede sein. Auch bei den folgenden Tabellen fällt uns sofort auf, dass die Erde in den ersten vierundzwanzig Stunden die meiste Kohlensäure aushaucht.

Versuch II. Das Material war eine Laubholzerde von stark saurer Reaktion mit einem Humusgehalte von 58 Proc. Wasserfassende Kraft 137, Feuchtigkeitsgrad 30 Proc. der wasserfassenden Kraft. 1 Liter der gepulverten und bei 100° getrockneten Erde = 389 Gramm. Man wog zwei Portionen, von denen jede 20,6 Gramm Trockensubstanz entsprach, ab, und versetzte die eine mit 1 Proc. $CaCO_3$. Im Uebrigen war das eingehaltene Verfahren ganz dasselbe wie bei I.

Da es sich zeigte, dass die Erde drei Tage nach Zusatz des kohlensauren Kalkes noch sauer reagirte, so bereitete man einen Parallelversuch III mit demselben Boden vor, unter Einhaltung

derselben Bedingungen wie bei II, nur mit dem Unterschiede, dass man der einen Portion drei Proc. kohlensauren Kalk hinzufügte — eine Menge, die genügte, die saure Reaktion aufzuheben — um sich zu überzeugen, ob in diesem Falle noch eine Steigerung in dem Grade der Verweslichkeit des Humus eintrete.

Mittlere Temperatur des Experimentirzimmers 12° Celsius. Es folgen die Zahlenergebnisse beider Versuchsreihen.

Tabelle II.

Nummer des Versuches	A							B (1 Procent $CaCO_3$)				
	Trockensubstanz des Bodens in Grammen	Vorgelegte CC. Zeitdauer	Vorgelegte CC. Barytlösung	Entsprechende CC. Oxalsäure	Verbrauchte CC. Oxalsäure	Differenz	Entsprechende CO_2 in Milligrammen	Vorgelegte CC. Barytlösung	Entsprechende CC. Oxalsäure	Verbrauchte CC. Oxalsäure	Differenz	Entsprechende CO_2 in Milligrammen
1	20,6	4	5	34,2	28,2	6	4,19	15	102,6	7,5	27,6	19,27
2	-	4	5	33,6	31,2	2,4	1,68	10	67,2	42,8	24,4	17,04
3	-	16	5	33,6	31,5	2,1	1,47	10	67,2	42,5	24,7	17,25
4	-	24	5	33,7	31	2,7	1,89	10	67,4	46	21,4	14,95
5	-	24	5	33,7	28,1	5,6	3,91	10	67,4	49,8	17,6	12,29
6	-	24	5	33,7	28,6	5,1	3,56	10	67,4	46,6	20,8	14,53
7	-	24	5	38	33,2	4,8	3,35	10	76	56,8	19,2	13,41
8	-	24	5	38	33,8	4,2	2,93	10	76	62,7	13,3	9,29
9	-	24	5	38	34,1	3,9	2,72	10	76	62,4	13,6	9,50
10	-	24	5	38	33,7	4,3	3	10	76	67,8	8,2	5,73
11	-	24	5	38	34,1	3,9	2,72	5	38	28,1	9,9	6,91
12	-	24	5	38	35,3	2,7	1,89	5	38	31,5	6,5	4,54
13	-	24	5	38	34,7	3,3	2,30	5	38	30	8	5,59
14	-	24	5	38	35,6	2,4	1,68	5	38	28,6	9,4	6,57
15	-	24	5	39,9	35,4	4,5	3,14	5	39,9	31	8,9	6,22
16	-	24	5	39,9	36,3	3,6	2,51	5	39,9	31,4	8,5	5,94
17	-	24	5	39,4	36,6	2,8	1,96	5	39,4	31,1	8,3	5,80
18	-	24	5	39,4	36,1	3,3	2,30	5	36,4	30,4	9	6,29
Summe:	384 Stunden oder 16 Tage gaben						47,20					181,12

Tabelle III.

Nummer des Versuches	A							B (3 Procent $CaCO_3$)				
	Trockensubstanz in Grammen	Zeitdauer in Stunden	Vorgelegte CC. Barytlösung	Entsprechende CC. Oxalsäure	Verbrauchte CC. Oxalsäure	Differenz	Entsprechende CO_2 in Milligrammen	Vorgelegte CC. Barytlösung	Entsprechende CC. Oxalsäure	Verbrauchte CC. Oxalsäure	Differenz	Entsprechende CO_2 in Milligrammen
1	17,8	4	10	76	69,2	6,8	4,75	15	114	71,5	42,5	29,68
2	-	4	5	38	36,5	1,5	1,05	10	76	47	29	20,25
3	-	16	5	38,5	35,9	2,6	1,82	10	77	41,5	35,5	24,79
4	-	24	5	39,9	35,5	4,4	3,07	10	79,8	37,5	42,3	29,54
5	-	24	5	39,9	36,9	3	2,09	10	79,8	52,7	27,1	18,93
6	-	24	5	39,4	34,9	4,5	3,14	10	78,8	54,6	24,2	16,90
7	-	24	5	39,4	35,5	3,9	2,72	5	39,4	18,1	21,3	14,88
8	-	24	5	39,9	36,5	3,4	2,37	10	79,8	64,1	15,7	10,96
9	-	24	5	39,4	35,3	4,1	2,86	5	39,4	22,7	16,7	11,66
10	-	24	5	39,4	35,5	3,9	2,72	5	39,4	25,5	13,9	9,71
11	-	24	5	39,4	36,4	3	2,09	5	39,4	28,6	10,8	7,54
12	-	24	5	39,5	35,5	4	2,79	5	39,5	26,9	12,6	8,80
13	-	24	5	39,5	36,4	3,1	2,17	5	39,5	26,9	12,6	8,80
14	-	24	5	39,5	36,9	2,6	1,82	5	39,5	27,6	11,9	8,31
15	-	24	5	39,4	35,8	3,6	2,51	5	39,4	27,9	11,5	8,03
16	-	24	5	39,4	35	4,4	3,07	5	39,4	31,3	8,1	5,66
17	-	24	5	39,4	37,4	2	1,40	5	39,4	31,8	7,6	5,31
18	-	24	5	39,4	36,2	3,2	2,23	5	39,4	32,3	7,1	4,96
Summe:	384 Stunden oder 16 Tage gaben						44,67					244,71

Den Einfluss des kohlensauren Kalkes auf die Verweslichkeit des Humus beweisen die Zahlen wiederum auf's Deutlichste. Wir erhalten zugleich auch bejahende Antwort auf die in Versuch III gestellte Frage, ob durch vollständige Abstumpfung der freien Säure des Bodens noch eine Steigerung in der Kohlensäurebildung zu constatiren sei im Vergleich mit dem Theile desselben, in welchem nur ein Theil der Säure durch Kalk gebunden war. Denn in der Tabelle III die ungemergelte Portion 44,67 Milligramm CO_2, die gemergelte aber 244,71 Milligramm, also über das fünffache, genau das 5,48fache giebt, liefert die Seite B des Versuches II noch nicht das vierfache der Seite A.

Der Einwurf, den man machen könnte, dass sämmtliche Kohlensäure, welcher der gemergelte, aber noch sauer reagirende

Theil des Versuches II mehr entwickelte, als der ungemergelte, von der Zersetzung des kohlensauren Salzes herstammen könne, wird dadurch entkräftet, dass schon bei der Nummer 11 (Tabelle II B) mehr Kohlensäure ausgehaucht ist, als der Menge des kohlensauren Kalkes (0,206 Grm. $CaCO_3$ = 90,6 Milligramm CO_2) und der auch ohne Hinzufügung desselben aus der Verwesung des Humus resultirenden Kohlensäure entspricht (47,20 Milligramm). Die zu Gunsten des gemergelten Theiles noch bleibenden 43,32 Milligramm Kohlensäure müssen also nothwendig auf Rechnung der oxydirenden Wirkung des kohlensauren Kalkes zu schreiben sein.

Die Zahlenausdrücke für die Kohlensäure nehmen natürlich bei dieser letzten Erde noch weit grössere Dimensionen an, als bei dem Thonboden, wenn wir sie auf Kubikmeter und Kubikfuss-Substanz berechnen. Es wird vielleicht nicht ohne Interesse sein, die Resultate der Berechnung hier anzuführen.

II. A.

Eine Quantität des Bodens, welche entspricht

1 Liter (389 Grm.) Tr.-Substanz, giebt	0,8911 Grm. CO_2	in 16 Tagen
1 Kubikmeter -	- 891 - -	
1 Kubikfuss -	- 28 - -	
1 Kubikfuss in einem Jahre unter den bei I angegebenen Bedingungen	639 - -	

II. B. (1 Proc. $CaCO_3$)

in 16 Tagen	1 Liter (389 Grm. Tr.-Substanz) giebt	0,8792	Grm. CO_2
	1 Kubikmeter -	- 3420	- -
	1 Kubikfuss -	- 106	- -
	1 - in einem Jahre	- 2418	- -

III. A.

in 16 Tagen	1 Liter (389 Grm. Tr.-Substanz) giebt	0,9664	Grm. CO_2
	1 Kubikmeter -	- 976	- -
	1 Kubikfuss -	- 30	- -
	1 - in einem Jahre	- 684	- -

III. B. (3 Proc. $CaCO_3$)

in 16 Tagen	1 Liter (389 Grm. Tr.-Substanz)	giebt	5,3476	Grm. CO_2
	1 Kubikmeter	-	5348	- -
	1 Kubikfuss	-	165	- -
	1 - in einem Jahre	-	3764	- -

Die Resultate von II A und III A stimmen nach diesen Berechnungen zwar nicht absolut überein, sind aber doch so befriedigend, wie man es von einer Substanz, wie die Laubholzerde, die trotz der sorgfältigsten Mischung keine ganz homogene Masse bildet, verlangen kann.

Vielleicht zufällig, aber immerhin interessant ist die Beobachtung, dass die auf Liter, Kubikfuss und Kubikmeter berechneten Kohlensäuremengen der ungemergelten Portionen des Thonbodens und der Laubholzerde fast genau dieselben Zahlen geben. Der Uebersicht wegen führe ich Letztere hier noch einmal neben einander an.

I. A.

in 16 Tagen	1 Liter Thonboden	=	0,9153	Grm. CO_2
	1 Kubikmeter	=	915	- -
	Kubikfuss	=	28	- -

II. A.

in 16 Tagen	1 Liter Laubholzerde	=	0,8911	Grm. CO_2
	1 Kubikmeter	=	891	- -
	1 Kubikfuss	=	28	- -

Da nach sonstigen Erfahrungen alle Verwesungserscheinungen dem Einfluss der Temperatur unterworfen sind, so lag es nahe an obigen Untersuchungen Versuche anzuknüpfen darüber, ob auch die Verweslichkeit des Humus abhängig sei von den Schwankungen der Temperatur. Als Material für diese Beobachtungen diente einmal obige Laubholzerde, dann die ebenfalls humusreiche, berühmte russische Schwarzerde, (Gouvernement Charkow) von welcher mir Herr Professor Schulze zwei Proben gütigst zur Verfügung stellte. Letztere waren nach dem Berichte des Uebersenders zwei verschiedenen Stellen des Bodens entnommen. Da man aus dem wässrigen Auszug der einen Probe

vor längerer Zeit die Salpetersäure bestimmt hatte — es hatten sich beiläufig 0,013 Proc. KNO_3 ergeben — so war ich gezwungen, wollte ich Beide in Bezug auf ihre Verweslichkeit prüfen, die bereits mit Wasser extrahirte Erde mit zu benutzen. Dieser Umstand, dass einmal ausgelaugter Boden, das andere Mal dieselbe Erdart in ursprünglichem Zustande verwendet wurde, gab Gelegenheit zu interessanten Beobachtungen. Es zeigte sich nämlich im Verlaufe des Versuches, dass der extrahirte Theil der Tschernosemnerde bei weitem weniger Kohlensäure in derselben Zeit entwickelte, als der andere. Hieraus ergiebt sich, dass, da die Untersuchungsobjecte nur in Betreff der löslichen Substanzen von einander abweichen, letztere irgend welchen Antheil an der Bildung der Kohlensäure im Boden haben müssen. Dass dieselben auch Einfluss auf die Erzeugung der Salpetersäure üben, stellte sich bei den späteren Versuchen über den Unterschied der Salpeterbildung in gemergelten und ungemergelten Böden heraus. Denn die bereits wiederholt mit Wasser extrahirten Erden zeigten eine auffallende, allmählige Abnahme des Salpetersäuregehaltes, bis sich endlich die Bildung derselben gar nicht mehr constatiren liess, während diejenigen, wenigstens die humusreicheren, welche die löslichen Substanzen noch enthielten, eine fortschreitende Oxydation der stickstoffhaltigen organischen Substanzen erkennen liessen. Nach diesen Beobachtungen dürfte man berechtigt sein, den Schluss zu ziehen, dass die in Wasser löslichen Stoffe des Erdbodens entweder direct als Material für die Bildung der Kohlensäure und Salpetersäure dienen, oder dass sie als Ferment zu Gunsten derselben wirken, und so nur indirect die Oxydation des Humus fördern.

Der Humusgehalt betrug nach meinen Untersuchungen in beiden Proben der Tschernosemnerde annähernd 9 Proc. Wasserfassende Kraft: 60, Feuchtigkeitsgrad 33,33 Proc. der wasserhaltenden Kraft.

Die Beobachtung der Kohlensäureentwicklung bei wechselnden Temperaturen wurde dadurch möglich gemacht, dass man das die Erde enthaltende Rohr an beiden Enden rechtwinklig bog, durch ebenfalls rechtwinklig gebogene Glasröhrchen mit den übrigen Theilen des Apparats verband (Seite 5), und in eine metallene

Wanne einsenkte, die mit Wasser, dessen Temperatur man durch eine Gasflamme nach Belieben erhöhen oder erniedrigen konnte, gefüllt war.

Tabelle IV.

Tschernosemnerde.

Nr. des Versuches	Trockensubstanz des Bodens in Grammen	A extrahirt: Vorgelegte CC. Barytlösung	A extrahirt: Entsprechende CC. Oxalsäure	A extrahirt: Verbrauchte CC. Oxalsäure	A extrahirt: Differenz	A extrahirt: Entsprechende CO_2 in Milligrammen	B in unverändertem Zustande: Vorgelegte CC. Barytlösung	B in unverändertem Zustande: Entsprechende CC. Oxalsäure	B in unverändertem Zustande: Verbrauchte CC. Oxalsäure	B in unverändertem Zustande: Differenz	B in unverändertem Zustande: Entsprechende CO_2 in Milligrammen	B in unverändertem Zustande: Zeitdauer in Stunden	Temperatur
1	24	5	32,7	27,9	4,8	3,35	5	32,7	27	5,7	3,98	24	21° Celsius
2	-	5	32,7	29,7	3	2,09	5	32,7	25,6	7,1	4,96	24	
3	-	5	32,7	31,2	1,5	1,05	5	32,7	27,7	5	3,49	24	
4	-	5	33,7	31,3	2,4	1,68	5	33,7	28,9	4,8	3,35	24	
5	-	5	33,7	31,6	2,1	1,47	5	33,7	29	4,7	3,28	24	
6	-	5	35,1	33,6	1,5	1,05	5	35,1	30,7	4,4	3,07	24	
7	-	5	35,1	33,9	1,2	0,84	5	35,1	31,1	4	2,79	24	
8	-	5	39 6	37,5	2,1	1,47	5	39,6	33,2	6,4	4,47	24	
	Summa: Milligrm. CO_2 13,00						Milligrm. CO_2 29,39 in 192 Stunden oder 8 Tagen						
9	24	5	39,6	37,3	2,3	1,61	5	39,6	30,9	8,7	6,08	24	12,5° Celsius
10	24	5	39,6	38,1	1,5	1,05	5	39,6	35,1	4,5	3,14	24	
11	24	5	39,4	36,1	3,3	2,30	5	39,4	35,7	3,7	2,58	24	
	Summa: Milligrm. CO_2 4,96						Milligrm. CO_2 11,80 in 72 Stunden oder 3 Tagen						
12	42	5	39,4	36,4	3	2,09	5	39,4	32,6	6,8	4,75	24	35° Celsius
13	42	5	39,4	37,3	2,1	1,47	5	39,4	35,4	4	2,79	24	
14	42	5	39,4	37,7	1,7	1,19	5	39,4	36	3,4	2,37	24	
	Summa: Milligrm. CO_2 4,75						Milligrm. CO_2 9,91 in 72 Stunden oder 3 Tagen						
	Im Ganzen Milligrm. CO_2 22,71						Milligrm. CO_2 51,10 in 336 Stunden od. 14 Tagen						

Der schon oben erwähnte Einfluss der in Wasser löslichen Stoffe des Bodens auf den Grad der Verweslichkeit des Humus geht aus dieser Tabelle auf's Schlagendste hervor. Während die extrahirte Erde 22,71 Milligramm CO_2 lieferte, haucht dieselbe in unverändertem Zustande in derselben Zeit 51,10 Milligramm aus, also über das zweifache, genau das 2,25fache.

Einen Einfluss aber der Temperatur auf die Verwesung bemerken wir bei dieser Erde in keiner Weise. Auf der rechten Seite der Tabelle beträgt die Kohlensäure in vierundzwanzig Stunden durchschnittlich bei 21° Celsius 3,67; bei 1,25° 39,3

und bei 35° 3,30 Milligramm; auf der linken Seite bei 21° Celsius 1,62; bei 12,5° 1,65 und bei 35° 1,58 Milligramm. In beiden Fällen also sind die täglichen Durchschnittszahlen — kleine Differenzen, die zufälliger Art sein können, abgerechnet — constant, so sehr die Temperatur auch wechseln mag. Ein ganz entgegengesetztes Verhalten in dieser Beziehung zeigt die Laubholzerde; bei ihr steigt und fällt der Grad der Verweslichkeit des Humus mit der Temperatur, wie die Zahlen folgender Tabelle beweisen.

Feuchtigkeitsgrad der Erde: 32 Proc. der wasserfassenden Kraft.

Tabelle V.

Laubholzerde.

Nummer des Versuches	Trockensubstanz des Bodens in Grammen	Vorgelegte CC. Barytlösung	Entsprechende CC. Oxalsäure	Verbrauchte CC. Oxalsäure	Differenz	Entsprechende CO_2 in Milligrammen	Zeitdauer in Stunden	Temperatur
1	20,5	10	79,2	56,2	23	16,06	24	21° Celsius
2	-	10	79,2	57,7	21,5	15,01	24	
3	-	10	78,8	57,5	21,3	14,88	24	
		Summa: Milligrm. CO_2 45,95 in 72 Stunden oder 3 Tagen						
4	20,5	5	39,4	30,1	9,3	6,49	24	12,5° Celsius
5	-	5	39,4	31,1	8,3	5,80	24	
6	-	5	39,4	31	8,4	5,87	24	
		Summa: Milligrm. CO_2 18,16 in 72 Stunden oder 3 Tagen						
7	20,5	20	157,6	118,9	38,7	27,03	24	35° Celsius
8	-	15	118,2	88,5	29,7	20,74	24	
9	-	15	118,2	85,9	32,3	22,57	24	
		Summa: Milligrm. CO_2 70,34 in 72 Stunden oder 3 Tagen						
		Im Ganzen Milligrm. CO_2 134,45 in 216 Stunden oder 9 Tagen						

Aus der Vergleichung der Tabelle IV und V sehen wir, dass die eine Bodenart eine Kohlensäurequelle liefert, die ruhig, unverändert fliesst, ohne sich von äusseren Eindrücken in ihrem regelmässigen Laufe aufhalten zu lassen; während die andere beträchtliche Schwankungen in der Kohlensäureentwicklung erkennen lässt je nach der Temperatur, die sie umgiebt. Der Grund dieser Erscheinung ist jedenfalls in der Verschiedenartigkeit des Humus der beiden Erden zu suchen. Bei der Tschernosemnerde, die

niemals gedüngt worden ist, haben wir es zu thun mit einem alten, huntertjährigen Humus, in einem hohen Stadium der Zersetzung, die langsam ihrem Ende entgegengeführt wird, ohne dass neue Pflanzentheile mit in den Gang derselben hineingezogen werden können; bei der Laubholzerde mit einem noch frischen Humus, in dem unveränderte Pflanzenreste in Menge befindlich sind, auf deren Zersetzung die Temperatur nothwendig eine entschiedene Wirkung ausüben muss. Es dürfte somit der Schluss nicht zu gewagt erscheinen, dass der Grad der Verweslichkeit eines Humus um so mehr den Schwankungen der Temperatur unterworfen ist, je frischer unzersetzter derselbe ist, dass aber der Einfluss der Temperatur in dem Masse sich vermindert, wie das Alter, das Zergehen des Humus zunimmt.

Noch einen Augenblick muss ich auf die Tabelle V zurückkommen. Absichtlich nahm ich zu diesem Versuche ein gleiches Quantum derselben Erde, wie zu der Untersuchung II. Es ist desshalb auffallend, dass die Zahl, welche die durchschnittlich von 24 zu 24 Stunden bei einer Temperatur von 12 respective 12,5 ° Celsius gelieferten Kohlensäuremengen ausdrückt, nach Tabelle V bei weitem grösser ist (60,5), als nach Tabelle II (2,95), während doch Temperatur und Feuchtigkeitsgrad in beiden Fällen fast genau übereinstimmen. Ich schreibe diese Erscheinung dem Umstande zu, dass bei dem raschen Sinken der äusseren Temperatur und der kurzen Dauer des Versuches V die Erde im Innern des Rohrs nicht im Stande war, sich eben so schnell auf die Temperatur des umgebenden Wassers herabzustimmen. Bei längerer Einwirkung einer und derselben Temperatur wären die Zahlen der letzten Tabelle sicher noch etwas modeficirt worden; leider aber erlaubte mir meine Zeit nicht, diese interessanten Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Verweslichkeit der organischen Substanzen im Boden weiter fortzusetzen und erschöpfend zu behandeln.

Nicht mit der Entschiedenheit, wie die Wirkung des kohlensauren Kalkes auf die Verweslichkeit des Humus, liess sich der Einfluss desselben auf die Salpeterbildung nachweisen. Obgleich

die Thatsache fest steht, dass kohlensaurer Kalk faulende, stickstoffhaltige organische Stoffe durch Oxydation in Salpetersäure überzuführen vermag, kann doch diese ältere Erfahrung hier nicht massgebend sein, weil der Ackerboden verhältnissmässig nur arm ist an organischen Stoffen, so dass eine langsam fortschreitende Oxydation quantitativ schwierig zu bestimmen ist. So konnte ich nur bei der humusreichen Laubholzerde, die sich schon bei den Versuchen über die Kohlensäurebildung als treffliches Untersuchungsobject bewährt hatte, eine bestimmt ausgesprochene Wirkung des Kalkes nach dieser Richtung hin erkennen. Wenn nun auch die positiven Resultate dieser Versuchsreihen sparsam sind, so machte man doch im Verlaufe derselben mehrere interessante Beobachtungen, die für den Mangel gewünschter Ergebnisse einigermassen entschädigten.

Das Verfahren, welches man im Anfange der Untersuchungen — das Princip des Verfahrens ergab sich später als falsch — befolgte, um die Salpetersäurebildung zu beobachten, war nachstehendes. Die Ackererden wurden in feingepulvertem Zustande in einem Trichter, der unten durch ein kleines Filter verschlossen war, mit destillirtem Wasser extrahirt, bis in dem Auszug keine Spur salpetersaurer Salze mehr aufgefunden werden konnte, und dann, je nach dem Zwecke des Versuches, mit oder ohne Zusatz von kohlensaurem Kalk, in gut aufgelockertem und mässig feucht erhaltenem Zustande einige Wochen einer zwischen 20 und 25° Celsius schwankenden Temperatur ausgesetzt. Um ammoniakalische Dämpfe des Laboratoriums fern zu halten, bedeckte man die in flachen Schalen befindlichen Erden mit einer Glasglocke. Nach Ablauf einer bestimmten Zeit wurden die Boden wieder extrahirt, der Extract untersucht, und dieses noch öfters wiederholt. Die Bestimmung der Salpetersäure in dem wässerigen Auszug geschah nach der Franz Schulze'schen von H. Wulfert publicirten Methode (Ueber die Bestimmung der Salpetersäure bei Gegenwart organischer Substanzen) durch Ueberführen in Stickoxyd und Messen des Letzteren. Die gefundenen Kubikcentimeter wurden auf 0° und 1000 Mm. Druck berechnet, und auf salpetersaures

[1]) Landw. Vers.-Stat. XII, 164.

Kali übertragen. Die Ergebnisse der Untersuchungen über die Salpetersäurebildung in den ungemergelten und gemergelten Theilen der Boden sind in den folgenden Zahlenreihen neben einander gestellt. Ich unterwarf zuerst den schon im ersten Theil näher charakterisirten Thonboden der Untersuchung.

Der erste Extract zweier Portionen dieser Erde, die 26,33 Gramm entsprachen, gab:

0,005795 Grm. NO
= 0,019509 - KNO_3
= 0,00826 Proc. KNO_3

Die eine Portion versetzte man nun mit $^1/_2$ Proc. $CaCO_3$. Nach 14 Tagen gewann man einen zweiten Extract aus beiden. Es fanden sich:

a) im ungemergelten Theile (219 Grm. Trockensubstanz)	b) im gemergelten (232 Grm. Trockensubstanz)
0,0020926 Grm. NO	0,002604 Grm. NO
= 0,007045 - KNO_3	= 0,008822 - KNO_3
= 0,00322 Proc. KNO_3	= 0,00380 Proc. KNO_3

Dritten Extract drei Wochen nach Gewinnung des zweiten:

a) ungemergelt (206 Grm. Trockensubstanz)	b) gemergelt. (211 Grm. Trockensubstanz)
0,0025011 Grm. NO	0,0007163 Grm. NO
= 0,0084204 - KNO_3	= 0,0024115 - KNO_3
= 0,00409 Proc. KNO_3	= 0,00114 Proc. KNO_3

Nach abermaligem Verlaufe von 14 Tagen liess sich die Salpetersäure in beiden Theilen nicht mehr nachweisen. Dieses ganz wieder Erwarten ausgefallene Resultat war eine Stütze für die schon im ersten Theile der Arbeit ausgesprochene Ansicht, dass die löslichen Stoffe des Erdbodens einen grossen Antheil an der Bildung der Salpetersäure (ebenso wie der Kohlensäure) haben müssen, indem sie entweder direct als Material für die Letzteren dienen oder als Fermente zu Gunsten derselben wirken.

Zu dieser Erkenntniss gekommen, suchte ich den Fehler des Auslaugens der Ackererden zu vermeiden, und machte die übrigen Versuche mit Boden, welche die leicht löslichen Stoffe noch enthielten. Aus Mangel an Ackerkrume nahm ich nun 500 Gramm

des Untergrundes obigen Thonbodens, feuchtete sie in feingepulvertem Zustande gleichmässig an und theilte sie in zwei Portionen, von denen die eine mit $^1/_2$ Proc. $CaCO_3$ vermischt wurde. Dann setzte ich die Erde vier Wochen der oben angegebenen Temperatur aus, dafür Sorge tragend, sie gehörig feucht und locker zu erhalten. Nach Verlauf dieser Zeit extrahirte man sie mit Wasser, und bestimmte die Salpetersäure. Man fand:

a) im ungemergelten Teile (150 Grm. Trockensubstanz)	b) im gemergelten Theile (150 Grm. Trockensubstanz.)
0,004019 Grm. NO	0,0038421 Grm. NO
= 0,013531 - KNO_3	= 0,012935 - KNO_3
= 0,00902 Proc. KNO_3	= 0,00862 Proc. KNO_3

Auch hier liess sich kein Unterschied in dem Salpetersäuregehalte der beiden Portionen constatiren. Das Plus von 0,3 Milligrammen auf Seiten der ungemergelten ist wohl nur zufällig.

Nachdem auch dieser Versuch resultatlos geblieben, setzte ich auf Anregung des Herrn Professor Schulze einer anderen Menge desselben Untergrundes (500 Gramm) direct stickstoffhaltiges Material in Form von Harnsäure (0,2 Proc.) hinzu, theilte sie wieder in zwei Portionen und vermengte die eine ausserdem, wie oben, mit $^1/_2$ Proc. $CaCO_3$. Nach Verlauf von vier Wochen bestimmte ich die Salpetersäure in dem Wasserauszug beider Theile.

a) mit Harnsäure versetzt, ungemergelt, 100 Trock.-Subst.	b) mit Harnsäure versetzt, gemergelt, 100 Trock.-Subst.
0,00206767 Grm. NO	0,00266233 Grm. NO
= 0,006961 Proc. KNO_3	= 0,00896 Proc. KNO_3

Auch hier zeigt sich kaum ein Unterschied in dem Salpetergehalte der beiden Theile, den man fest vermuthet hatte. Man wusste sich im Anfange die Inactivität des kohlensauren Kalkes selbst bei reichlicher Gegenwart von stickstoffhaltiger organischer Substanz nicht zu erklären, bis es sich herausstellte, dass beide Portionen der Erde alkalisch reagirten. Es war also aus der Harnsäure eine die alkalische Reaction bedingende Menge Ammoniak übergeführt worden, und da schon dieses eine dem kohlensauren Kalk analoge Wirkung übt, konnte sich in dem gemergelten Theile keine wesentliche Erhöhung des Salpetergehaltes mehr zeigen.

Bei der Laubholzerde endlich gelang es mir, den Einfluss des kohlensauren Kalkes auf die Oxydation der stickstoffhaltigen organischen Stoffe des Bodens durch Zahlen klar nachzuweisen.

Der wässrige Extract von 88,8 Grm. Trockensubstanz dieses Bodens gab:

0,007048 Grm. NO
= 0,023727 - KNO_3
= 0,02672 Proc. KNO_3

Eine andere Menge derselben wurde gleichmässig angefeuchtet und in zwei Portionen getheilt, von denen der einen 1 Proc. $CaCO_3$ hinzugefügt wurde. Nach drei Wochen gewann man die Wasserauszüge. Es gaben:

a) der ungemergelte,	b) der gemergelte Theil
(20,5 Grm. Trock.-Subst.)	(16,7 Grm. Trock.-Subst.)
0,0022073 Grm. NO	0,0026828 Grm. NO
= 0,0074312 - KNO_3	= 0,0090321 - KNO^3
= 0,03625 Proc. KNO_3	= 0,05408 Proc. KNO_3

Der Unterschied in dem Salpetergehalte ist hier in die Augen fallend: In dem mit kohlensaurem Kalk versetzten Theile hat sich derselbe um das Doppelte vermehrt in einer Zeit von drei Wochen, in dem anderen noch nicht um die Hälfte. Interessant ist es, dass sich auch auf Seiten des ungemergelten Theiles eine fortschreitende Bildung der Salpetersäure zeigt.

Gern hätte ich zu diesen Untersuchungen neues, passendes Material, bei welchem man eine entschiedene Wirkung des kohlensauren Kalkes sicher erwarten durfte, herangezogen, wenn ich nicht gezwungen gewesen wäre, meine Arbeit hier abzubrechen.